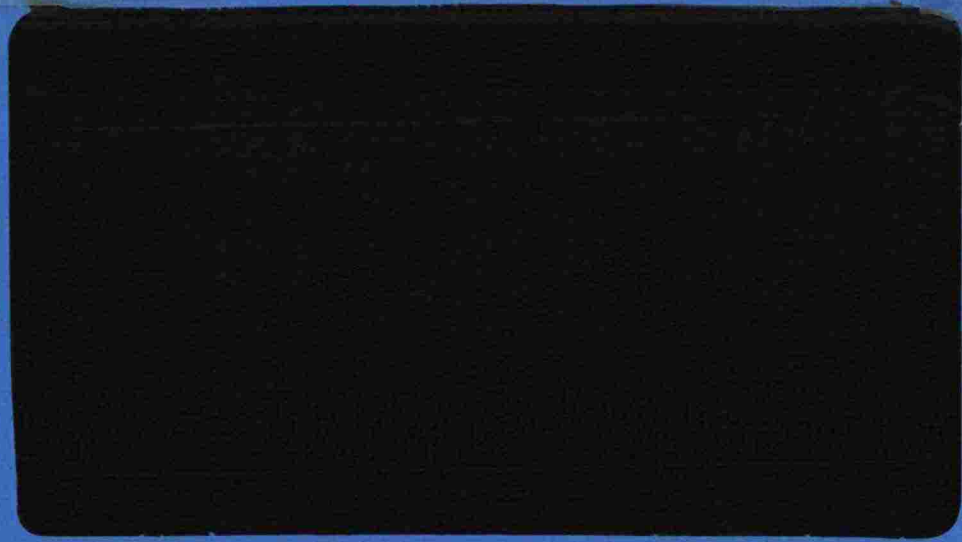


Tie- ja vesirakennushallitus
Käyttöosaston liikennetoimisto

08
TIE-



81 768

NOPEUDET JA POLTTOAINEENKULUTUS
PERUSNOPEUSTEILLÄ

Käyttöosaston liikennetoimisto
Talousosaston tutkimustoimisto

Helsinki 29.5.1981

ALKUSANAT

Tämän tutkimuksen tarkoituksena on ollut hankkia perustietoa ajonopeuksista ja polttoaineenkulutuksesta perusnopeustiestöllä. Tavoitteena on ensisijaisesti ollut koota tietoa, joka palvelee nopeusrajoitusjärjestelmän kehittämistä. Lisäksi on haluttu selvittää ajonopeuksien ja polttoaineenkulutuksen riippuvuutta tien geometriasta, päällystetyypistä, päällysteen kunnosta ja tienparannustoimenpiteistä.

Tutkimus on toteutettu käyttöosaston liikennetoimiston ja talousosaston tutkimustoimiston välisenä yhteistyönä. Tutkimusta jatketaan suorittamalla vuosittain seurantamittauksia. Tutkimusta suorittavaan työryhmään ovat kuuluneet ins.opp. Seppo Hänninen (Kl), DI Juhani Mänttari (Kl), ins. Arto Tevajärvi (Tt) ja tutkija René Tigerstedt (Tt).

SISÄLLYSLUETTELO

Sivu

ALKUSANAT

JOHDANTO

1

1. TAVOITTEET

2

2. TUTKIMUSKOHTEIDEN VALINTA

4

3. TUTKIMUSMENETELMÄT

5

3.1 Nopeuden mittaus

5

3.2 Polttoaineenkulutuksen mittaus

5

4. MITTAUSTULOKSET

6

4.1 Tulokset kohteittain

6

4.2 Yhteenveto mittaustuloksista

26

4.21 Tieolosuhteet

26

4.22 Nopeudet

27

4.23 Polttoaineenkulutus

32

5. TULOSTEN TARKASTELUA

38

JOHDANTO

Kun tiekohtainen nopeusrajoitusjärjestelmä vuonna 1974 ulotettiin koko maahan, tuli tiekohtaisten rajoitusten ulkopuolelle jäävälle runsaan 54 000 km:n tieverkolle voimaan 80 km/h-perusnopeus. Nämä tiet ovat pääosin vähäliikenteisiä öljyso- ra- ja sorateitä, ja huolimatta niiden suuresta kokonaispituu- desta tapahtuu perusnopeuden piirissä vain noin 1/4 koko maan yleisten teiden liikennesuoritteesta.

Perusnopeus on luonteeltaan kattonopeus, eikä se ota huomioon tie-, liikenne- ja ympäristöolosuhteiden vaihtelua kuten yk- sityiskohtaisesti suunnitellut tiekohtaiset ja paikalliset no- peusrajoitukset. Niinpä perusnopeuden piiriin kuuluvilla hy- vin erilaatuisilla teillä voidaan vain osittain käyttää 80 km/h -nopeutta turvallisen ajonopeuden ollessa suurelta osin paljonkin alle 80 km/h. Myös nopeuden vaihtelu lyhyellä- kin matkalla voi olla huomattavaa.

Tien ja liikenteen ominaisuuksia selvitetessä on ensisijai- sena kohteena ollut yleensä maan liikenteellisesti tärkein tieverkko. Perusnopeusteiltä on sensijaan ollut vain vähäi- sessä määrin tietoa käytettävissä. Jäljempänä selostetun tutki- muksen tarkoituksena on ollut eri menetelmin selvittää perus- nopeusverkolla ajettavia nopeuksia ja tutkia samalla ajoneuvon polttoaineenkulutusta nopeuden, päällysteen ja tien geometrian funktiona. Tutkimus antaa näin tietoja nopeusrajoitusjärjestel- mään mahdollisesti tehtävien muutosten suunnitteluun ja on apu- na myös tällaisten muutosten energiavaikutusten selvittämisessä.

Perusnopeuden alaista tieverkkoa kuvaamaan on valittu Etelä- Suomen maanteiltä ja paikallisteiltä 19 erityyppistä tieosuut- ta sekä päällystetyiltä että sorapäällysteisiltä teiltä. Tut- kimukseen tarvittavat nopeusmittaukset on suoritettu ajoana- lyysointorilla, tutkalla ja rekisteritunnusmenetelmällä tarkoi- tuksena saada samalla kokemusta eri menetelmistä ajonopeuksien tutkimisessa.

1. TAVOITTEET

Tutkimuksen ensisijainen tavoite on nopeuksia ja polttoaineenkulutusta koskevan perustiedon hankinta perusnopeuden piiriin kuuluvan tiestön osalta mahdollisia jatkotutkimuksia ja nopeusrajoitusjärjestelmän kehittämistä varten.

Ajonopeuksia perusnopeuden piiriin kuuluvilla teillä ei maassamme ole toistaiseksi selvitetty eräitä yksittäisiä mittauksia lukuunottamatta. Pienet liikennevirrat ovat osaltaan vaikeuttaneet nopeuksien tutkimista tavanomaisin menetelmin liikennetutkalla ja ajoaikaan perustuvien mittauksin. Perusnopeuden rajoituksen tasoon on sensijaan eri yhteyksissä kiinnitetty huomiota ja on arveltu nykyistä alemman rajoitustason vastaavan paremmin tieverkolla ajettavia nopeuksia.

Tien geometria on ns. rakentamattomilla teillä usein hyvin vaihtelevaa. Poikkeuksellisen pienisäteisistä kaarteista ja ajoittain hyvinkin lyhyistä näkemistä johtuen voi turvallinen nopeus vaihdella lyhyilläkin matkoilla huomattavasti. Tämän vaihtelun määrää pyrkii tutkimus selvittämään mm. useampien mittauspisteiden avulla. Kerättävä aineisto antaa myös mahdollisuuden tutkia ajonopeuden ja tien geometrian välistä yleistä riippuvuutta ja mahdollisuuden verrata keskenään eri menetelmin saatuja tuloksia.

Perusnopeusteiden nopeuden ohella on tutkimuksen toinen pää-tavoite selvittää päällystetyypin ja päällysteen kunnon sekä tien geometrinen ominaisuuksien vaikutus polttoaineenkulutukseen. Samalla saadaan kulutustietoja nimenomaan perusnopeusverkkoon kuuluvilta teiltä, jotka, kuten edellä on mainittu, poikkeavat mm. nopeuden vaihtelun osalta huomattavasti päätieverkosta.

Nopeusrajoitusten käyttöä energiansäästötarkoituksessa kokeiltiin jo v. 1973, jolloin koko maassa oli n. puolen vuoden ajan voimassa yleinen 80 km/h -"energianopeusrajoitus". Nopeuksien vaikutus energiankulutukseen tulee vastaisuudessakin olemaan yksi nopeusrajoitusten yleistä tasoa säätelevistä tekijöistä.

Osa valituista 19 tutkimuskohteesta kuuluu TVL:n toimenpideohjelmassa suuntauksen parantamis- tai rakenteen parantamistoimenpiteiden ryhmiin. Näiden kohteiden osalta tullaan jatkotutkimuksin selvittämään myös em. toimenpiteiden vaikutusta nopeuksiin ja polttoaineenkulutukseen.

2. TUTKIMUSKOHTEIDEN VALINTA

Tutkimuskohteet valittiin käytännöllisistä syistä kaikki TVL:n Uudenmaan piirin alueelta. Koeteiden valinnan perimmäisenä tavoitteena oli löytää joukko 3-5 km pitkiä perusnopeustiejaksoja, jotka päällysteeltään, geometrialtaan ja liikennemäärältään edustaisivat koko perusnopeustieverkkoa. Geometriatietojen puutteellisuudesta johtuen koeteiden valinta kuitenkin tehtiin hyvin pitkälle subjektiivisin perustein.

Koska koeteilla on tarkoitus seurata nopeuden ja polttoaineenkulutuksen kehitystä usean vuoden aikana, otettiin mukaan joi-takin perusparannusohjelmaan merkittyjä sorateitä.

Tutkimuksen piiriin valittiin seuraavassa luettelossa olevat 4 kestopäällystettyä tietä (1-4), 8 öljysoratietä (5-12) ja 7 soratietä (13-19):

No	Tie	Tieosa(t)	Tien nimi
1	109	04	Tienristi - Mäntynummi
2	147	02	Mäntsälä - Oitti
3	153	03	Savijärvi - Porvoo
4	175	03	Lapinjärvi - Myrskylä
5	115	01	Pikkala - Siuntio
6	122	06	Vihti - Uusikylä
7	127	04	Karkkila - Hyönölä
8	136	02	Hyvinkää - Läyliäinen
9	171	04	Uusikylä - Ratula
10	1072	01	Saukkola - Myllykylä
11	1302	01	Rauhanmäki - Tapola
12	11794	03	Sääsjärvi - Vahijärvi
13	110	05	Raasepori - Inkoo
14	116	02	Lohjan as. - Siuntio
15	143	06	Ylentola - Sälinkää
16	155	02	Porvoo - Sunisund
17	173	08-09	Kausala - Myrskylä
18	1632	02	Sääksjärvi - Pirkkala kk
19	1701	01	Pyörähtälä - Kuivanto

3. TUTKIMUSMENETELMÄT

3.1 Nopeuden mittaus

Ajoneuvojen pistenopeudet mitattiin kullakin tutkittavalla tieosalla kahdessa kohdassa, jotka edustavat tien parasta ja huonointa geometriaa. Tarkoituksena oli selvittää korkein ja alhaisin tieosalla käytettävä nopeus. Ohiajaneista autoista merkittiin tutkimuslomakkeelle nopeuden lisäksi ajoneuvotyyppi. Analysaattoriautosta mitatut nopeudet eroteltiin muusta aineistosta. Vaatimus paikan soveltuvuudesta tutkimittaukseen rajoitti jossain määrin sopivien tienkohtien valintaa.

Tutkimusvälin ajonopeudet mitattiin nk. rekisteritunnusmenetelmällä. Mittausvälin molemmissa päissä oli mittaaja, joka merkitsi tutkimuslomakkeelle ohittavien ajoneuvojen rekisteritunnuksen, ajoneuvotyyppin ja ohitusajan. Molemmat liikennesuunnat mitattiin samanaikaisesti. Ajoneuvojen ajonopeudet saatiin jakamalla mittausvälin pituus loppu- ja alkupisteiden ohitusaikojen erotuksella.

3.2 Polttoaineenkulutuksen mittaus

Polttoaineenkulutusmittaukset suoritettiin henkilöautolla. Mittausautona toimi TVH:n tutkimustoimiston ajoanalysaattorilla varustettu SAAB 96 GL. Kulutushavainnot saatiin ajamalla koetieosuudet molempiin suuntiin eri tavoitenopeuksia käyttäen. Yhden nopeus/kulutus-havainnon muodostavat edestakaisen ajon nopeus- ja kulutuskeskiarvot. Tavoitenopeudet on pyritty valitsemaan siten, että ne vastaisivat liikenteen kullakin tiellä käyttämiä nopeuksia. Mittausajojen yhteydessä tehtiin havaintoja tien päällysteen kunnosta. Koetieosuuksien mäkisyys ja kaarteisuus mitattiin tutkimustoimiston mittausautolla.

4. MITTAUSTULOKSET

4.1 Tulokset kohteittain

Mittaustulokset on seuraavassa esitetty tutkimuskohteittain. Näin on tehty koska kysymyksessä on perustutkimus. Samalla on myös haluttu tuoda esille perusnopeustieverkon moni-ilmeisyyttä. Kunkin kohteen mittaustulokset on esitetty yhdellä sivulla, jonka sisältö on seuraava:

Aluksi on lyhyt kuvaus kohteen sijainnista, päällysteestä, geometriasta ja mahdollisista erikoispiirteistä. Numeeriset tiedot kohteen pituudesta, tien leveydestä, mäkisyydestä, kaarteisuudesta ja keskimääräisestä vuorokausiliikenteestä sekä kohteella suoritettujen nopeusmittausten tuloksista on koottu sivun kahteen taulukkoon. Nopeusmittauksista on käytetty seuraavia merkintöjä ja lyhenteitä:

Rek.tun.	= rekisteritunnusmenetelmä
Tutka min.	= tutkalla mitatut tulokset kohteen arvioi- dussa miniminopeuspisteessä
Tutka max.	= tutkalla mitatut tulokset kohteen arvioi- dussa maksiminopeuspisteessä
\bar{v}	= nopeushavaintojen keskiarvo
s	= nopeushavaintojen keskihajonta
Raj.ylitys-%	= niiden nopeushavaintojen osuus, jotka ylit- tävät nopeusrajoituksen 80 km/h

Sivun alareunan kuvaan on koottu ko. kohdetta kuvaavia poltto-
aineenkulutus- ja nopeustietoja. Kuvan käyrästä ilmenee analy-
saattoriajoneuvon kulutuksen riippuvuus koeosuudella kulloin-
kin saavutetusta ajonopeudesta. Käyrää piirrettäessä on havain-
topisteenä ollut edestakaisen ajon nopeus/kulutus arvopari.
Muita kuvassa esiintyviä suureita ovat:

V_{15} (V_{85}) = se nopeustaso, jonka 15 (85) % kohteen (rekisteri-
tunnusmenetelmällä mitatuista) nopeushavainnoista
alittaa

\bar{v} = nopeushavaintojen keskiarvo

Koordinaatistoon on pystyviivalla merkitty \bar{v} ja katkoviivalla
 V_{15} ja V_{85} .

Tutkimuskohde 1

Maantie 109, Tienristi - Mäntynummi, tieosa 04

Päällyste: hyväkuntoinen asfalttibetoni

Geometria: vaihteleva, mutkaisia ja suoria osuuksia

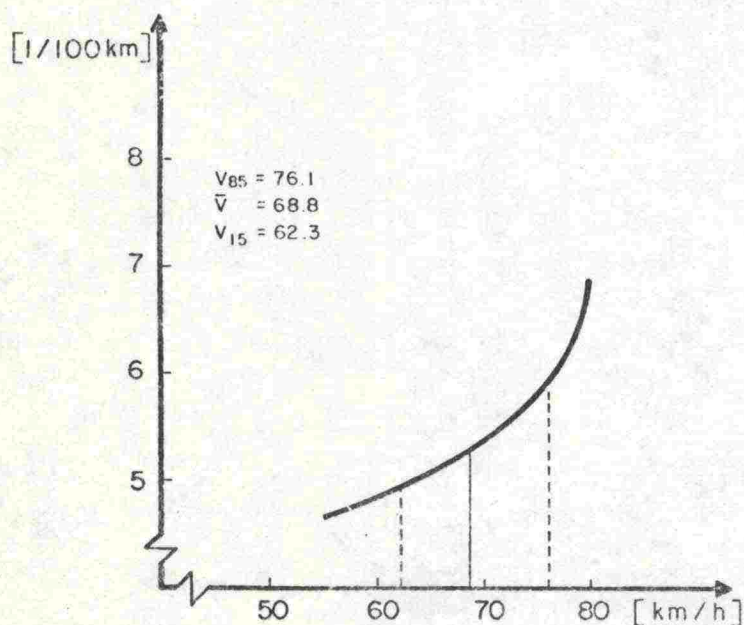
Tutkimusosuuden tieolosuhteet ja liikennemäärä:

Pituus (km)	Tien leveys (m)	Mäkisyys (m/km)	Kaarteisuus (grad/km)	KVL (ajon/vrk)
3.872	6.8	22	140	1200

Nopeusmittaustulokset mittausmenetelmittäin ja ajoneuvotyypeittäin:

Mittaus- tapa	Henk.autot		Rask.autot		Kaikki autot		Raj. ylitys-%	Havain- tomäärä
	\bar{v}	s	\bar{v}	s	\bar{v}	s		
Rek.tun.	68.8	8.4	65.8	5.2	68.4	8.2	5	91
Tutka min.	54.6	5.2	54.2	6.0	54.5	5.9	-	47
Tutka max.	77.1	10.4	71.7	11.4	76.6	10.5	29	65

Polttoaineen kulutus nopeuden funktiona analysaattorilla mitattuna sekä henkilöautojen ajonopeusjakautuma:



Tutkimuskohde 2

Maantie 147, Mäntsälä - Oitti, tieosa 02

Päällyste: hyväkuntoinen asfalttibetoni

Geometria: yhtenäinen, joitakin lyhyitä näkemiä

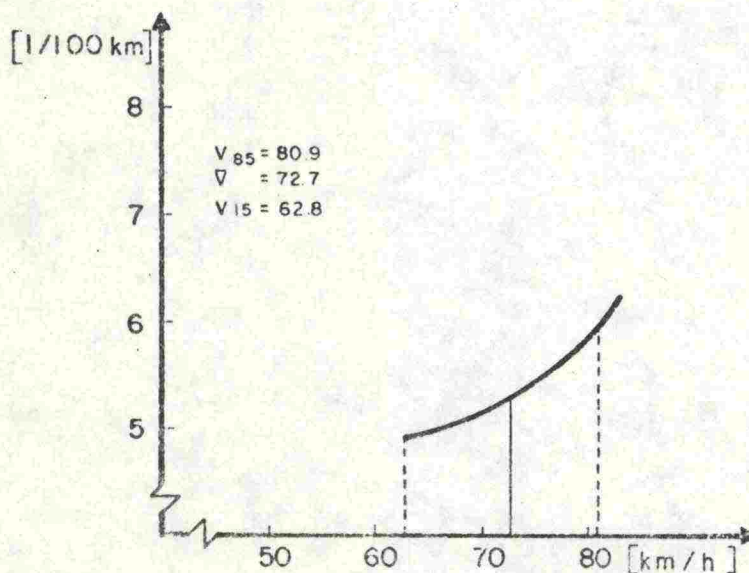
Tutkimusosuuden tieolosuhteet ja liikennemäärä:

Pituus (km)	Tien leveys (m)	Mäkisyys (m/km)	Kaarteisuus (grad/km)	KVL (ajon/vrk)
3.598	6.5	19	105	1100

Nopeusmittaustulokset mittausmenetelmittäin ja ajoneuvotyypeittäin:

Mittaus- tapa	Henk.autot		Rask.autot		Kaikki autot		Raj. ylitys-%	Havain- tomäärä
	\bar{v}	s	\bar{v}	s	\bar{v}	s		
Rek.tun.	72.7	8.9	70.6	9.3	72.3	8.9	14	97
Tutka min.	71.6	9.1	74.7	6.5	72.1	8.5	16	58
Tutka max.	75.8	8.6	69.7	9.2	74.6	8.4	30	60

Polttoaineen kulutus nopeuden funktiona analysaattorilla mitattuna sekä henkilöautojen ajonopeusjakautuma:



Tutkimuskohde 3

Maantie 153, Savijärvi - Porvoo, tieosa 03

Päällyste: hyväkuntoinen asfalttibetoni

Geometria: vaihteleva, kaarteet melko loivia, joitakin lyhyitä näkemiä

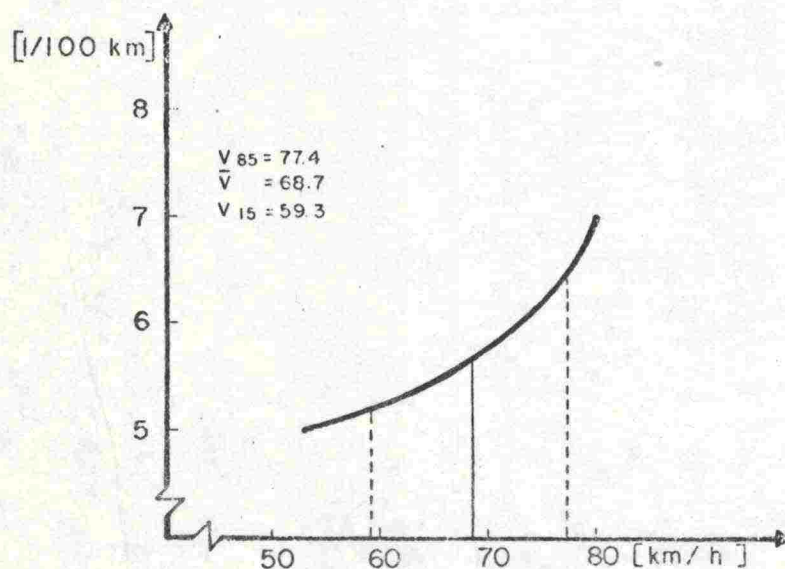
Tutkimusosuuden tieolosuhteet ja liikennemäärä:

Pituus (km)	Tien leveys (m)	Mäkisyys (m/km)	Kaarteisuus (grad/km)	KVL (ajon/vrk)
3.217	6.5	28	138	1800

Nopeusmittaustulokset mittausmenetelmittäin ja ajoneuvotyypeittäin:

Mittaus- tapa	Henk.autot		Rask.autot		Kaikki autot		Raj. ylitys-%	Havain- tomäärä
	\bar{v}	s	\bar{v}	s	\bar{v}	s		
Rek.tun.	68.7	9.4	68.9	11.5	69.1	9.0	12	57
Tutka min.	68.6	9.0	61.7	10.9	68.5	9.7	13	53
Tutka max.	73.7	8.5	75.3	5.2	74.2	8.1	26	46

Polttoaineen kulutus nopeuden funktiona analysaattorilla mitattuna sekä henkilöautojen ajonopeusjakautuma:



Tutkimuskohde 4

Maantie 175, Lapinjärvi - Myrskylä, tieosa 03

Päällyste: hyväkuntoinen asfalttibetoni

Geometria: vaihteleva, kaarteet melko loivia, joitakin lyhyitä näkemiä

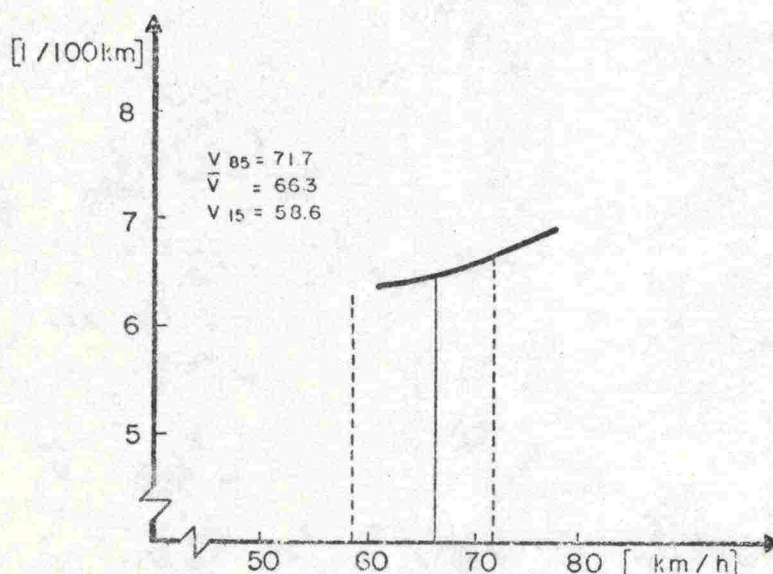
Tutkimusosuuden tieolosuhteet ja liikennemäärä:

Pituus (km)	Tien leveys (m)	Mäkisyys (m/km)	Kaarteisuus (grad/km)	KVL (ajon/vrk)
4.821	6.4	28	134	650

Nopeusmittaustulokset mittausmenetelmittäin ja ajoneuvotyypeittäin:

Mittaus- tapa	Henk.autot		Rask.autot		Kaikki autot		Raj. ylitys-%	Havain- tomäärä
	\bar{v}	s	\bar{v}	s	\bar{v}	s		
Rek.tun.	66.3	7.5	63.2	6.0	65.9	6.9	2	50
Tutka min.	62.0	8.0	59.2	8.3	61.0	7.7	-	22
Tutka max.	65.5	7.6	64.6	10.2	65.6	8.0	3	36

Polttoaineen kulutus nopeuden funktiona analysaattorilla mitattuna sekä henkilöautojen ajonopeusjakautuma:



Tutkimuskohde 5

Maantie 115, Pikkala - Siuntio, tieosa 01

Päällyste: huonokuntoinen öljysora, päällyste halkeillut

Geometria: vaihteleva, joitakin lyhyitä näkemiä ja pienisäteisiä kaa-
teita

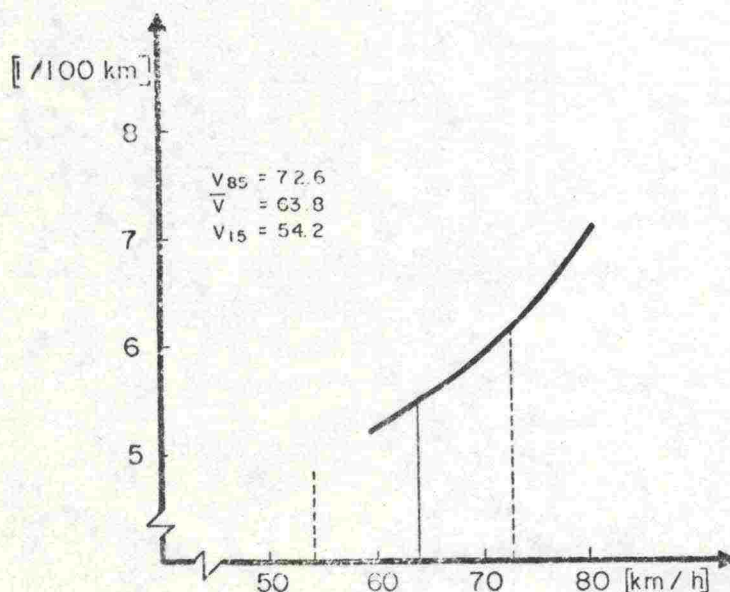
Tutkimusosuuden tieolosuhteet ja liikennemäärä:

Pituus (km)	Tien leveys (m)	Mäkisyys (m/km)	Kaarteisuus (grad/km)	KVL (ajon/vrk)
3.013	6.3	21	137	1350

Nopeusmittaustulokset mittausmenetelmittäin ja ajoneuvotyypeittäin:

Mittaus- tapa	Henk.autot		Rask.autot		Kaikki autot		Raj. ylitys-%	Havain- tomäärä
	\bar{v}	s	\bar{v}	s	\bar{v}	s		
Rek.tun.	63.8	9.8	60.6	5.6	63.6	8.4	4	79
Tutka min.	56.2	6.3	50.5	4.6	56.0	5.9	-	40
Tutka max.	69.7	10.6	68.1	6.4	69.2	9.6	5	37

Polttoaineen kulutus nopeuden funktiona analysaattorilla mitattuna
sekä henkilöautojen ajonopeusjakautuma:



Tutkimuskohde 6

Maantie 122, Vihti - Uusikylä, tieosa 06

Päällyste: melko hyväkuntoinen öljysora

Geometria: vaihteleva

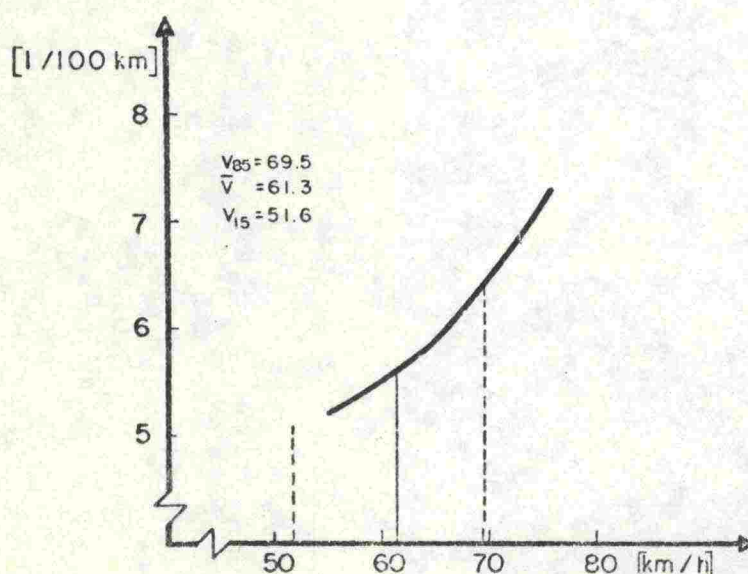
Tutkimusosuuden tieolosuhteet ja liikennemäärä:

Pituus (km)	Tien leveys (m)	Mäkisyys (m/km)	Kaarteisuus (grad/km)	KVL (ajon/vrk)
3.735	7.0	34	206	300

Nopeusmittaustulokset mittausmenetelmittäin ja ajoneuvotyypeittäin:

Mittaus- tapa	Henk.autot		Rask.autot		Kaikki autot		Raj. ylitys-%	Havain- tomäärä
	\bar{v}	s	\bar{v}	s	\bar{v}	s		
Rek.tun.	61.3	7.9	59.9	8.5	60.6	7.3	-	27
Tutka min.	62.0	6.7	61.5	2.5	62.5	6.1	-	11
Tutka max.	67.1	6.3	69.4	4.6	67.0	6.6	6	18

Polttoaineen kulutus nopeuden funktiona analysaattorilla mitattuna sekä henkilöautojen ajonopeusjakautuma:



Tutkimuskohde 7

Maantie 127, Karkkila - Hyönölä, tieosa 04

Päällyste: melko hyväkuntoinen öljysora, tiessä painumia

Geometria: vaihteleva

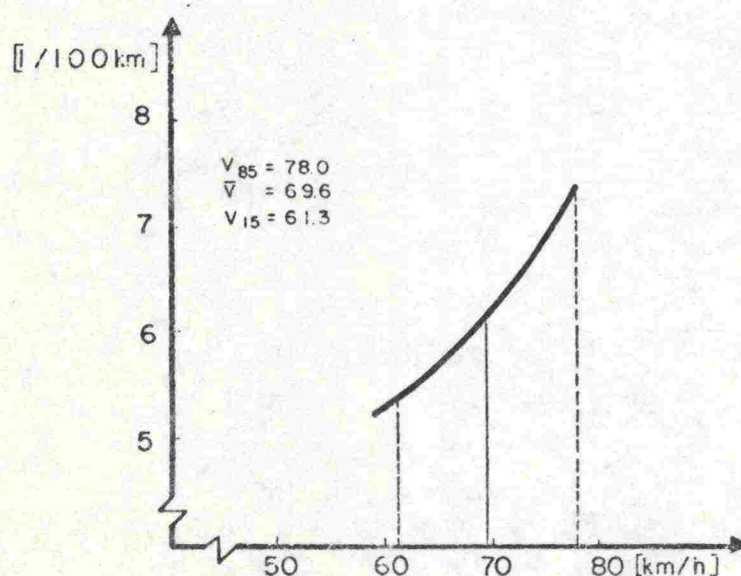
Tutkimusosuuden tieolosuhteet ja liikennemäärä:

Pituus (km)	Tien leveys (m)	Mäkisyys (m/km)	Kaarteisuus (grad/km)	KVL (ajon/vrk)
3.058	6.5	35	132	450

Nopeusmittaustulokset mittausmenetelmittäin ja ajoneuvotyypeittäin:

Mittaus- tapa	Henk.autot		Rask.autot		Kaikki autot		Raj. ylitys-%	Havain- tomäärä
	\bar{v}	s	\bar{v}	s	\bar{v}	s		
Rek.tun.	69.6	8.4	63.2	3.2	68.7	7.8	10	62
Tutka min.	67.5	9.7	51.5	3.3	64.9	8.8	9	23
Tutka max.	70.5	8.0	66.0	2.8	69.6	8.0	12	41

Polttoaineen kulutus nopeuden funktiona analysaattorilla mitattuna sekä henkilöautojen ajonopeusjakautuma:



Tutkimuskohde 8

Maantie 136, Hyvinkää - Längelmäki, tieosa 02

Päällyste: hyväkuntoinen öljysora

Geometria: hyvä ja yhtenäinen

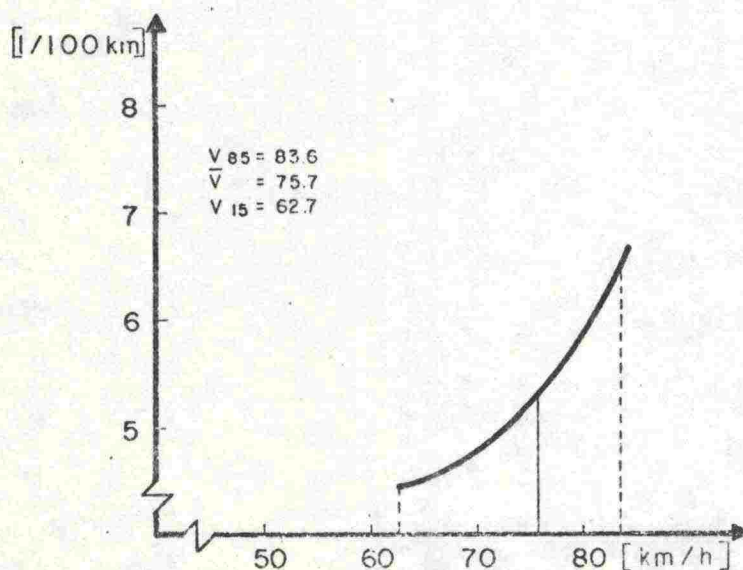
Tutkimusosuuden tieolosuhteet ja liikennemäärä:

Pituus (km)	Tien leveys (m)	Mäkisyys (m/km)	Kaarteisuus (grad/km)	KVL (ajon/vrk)
3.934	6.4	4	47	800

Nopeusmittaustulokset mittausmenetelmittäin ja ajoneuvotyypeittäin:

Mittaus- tapa	Henk.autot		Rask.autot		Kaikki autot		Raj. ylitys-%	Havain- tomäärä
	\bar{v}	s	\bar{v}	s	\bar{v}	s		
Rek.tun.	75.7	11.1	70.1	7.4	74.0	9.5	23	62
Tutka min.	79.0	13.1	64.8	5.2	75.8	11.9	41	34
Tutka max.	74.6	6.8	75.3	13.7	73.8	7.4	14	28

Polttoaineen kulutus nopeuden funktiona analysoimalla mitattuna sekä henkilöautojen ajonopeusjakautuma:



Tutkimuskohde 9

Maantie 171, Uusikylä - Ratula, tieosa 04

Päällyste: hyväkuntoinen ölysora

Geometria: hyvä ja yhtenäinen

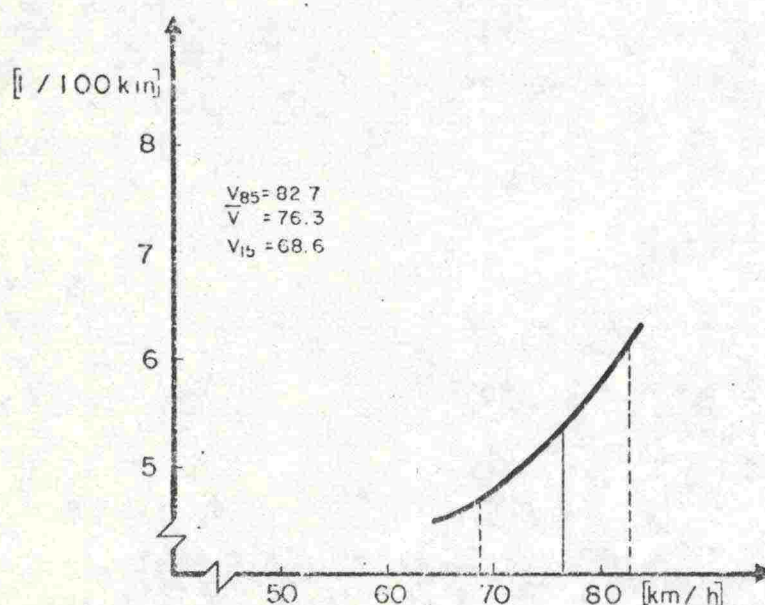
Tutkimusosuuden tieolosuhteet ja liikennemäärä:

Pituus (km)	Tien leveys (m)	Mäkisyys (m/km)	Kaarteisuus (grad/km)	KVL (ajon/vrk)
3.612	6.5	12	99	450

Nopeusmittaustulokset mittausmenetelmittäin ja ajoneuvotyypeittäin:

Mittaus- tapa	Henk.autot		Rask.autot		Kaikki autot		Raj. ylitys-%	Havain- tomäärä
	\bar{v}	s	\bar{v}	s	\bar{v}	s		
Rek. tun.	76.3	7.3	62.3	5.7	74.0	8.4	22	46
Tutka min.	70.1	7.9	67.3	4.7	69.0	6.7	10	20
Tutka max.	77.5	7.6	65.3	3.9	75.7	8.9	26	38

Polttoaineen kulutus nopeuden funktiona analysaattorilla mitattuna sekä henkilöautojen ajonopeusjakautuma:



Tutkimuskohde 10

Maantie 1072, Saukkola - Myllykylä, tieosa 02

Päällyste: melko hyväkuntoinen öljysora, tiessä painumia

Geometria: mäkinen ja mutkainen, melko yhtenäinen

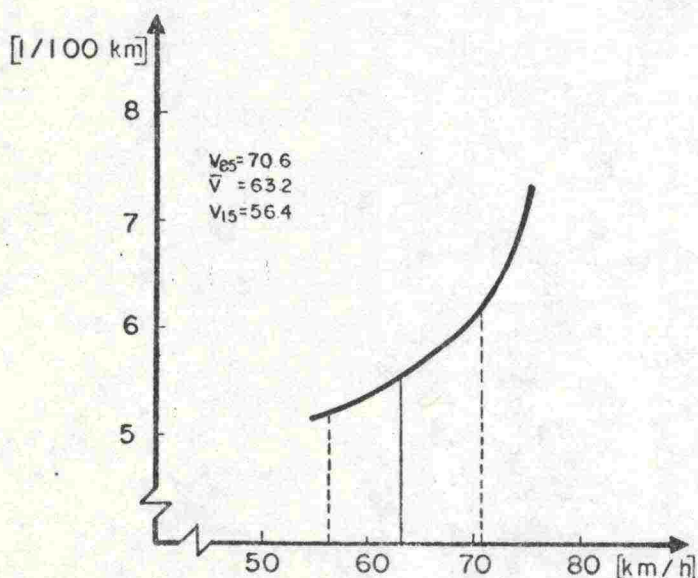
Tutkimusosuuden tieolosuhteet ja liikennemäärä:

Pituus (km)	Tien leveys (m)	Mäkisyys (m/km)	Kaarteisuus (grad/km)	KVL (ajon/vrk)
4.086	6.2	28	201	300

Nopeusmittaustulokset mittausmenetelmittäin ja ajoneuvotyypeittäin:

Mittaus- tapa	Henk.autot		Rask.autot		Kaikki autot		Raj. ylitys-%	Havain- tomäärä
	\bar{v}	s	\bar{v}	s	\bar{v}	s		
Rek.tun.	63.2	6.9	60.0	5.1	63.0	7.1	2	57
Tutka min.	63.8	6.3	-	-	64.2	6.9	-	24
Tutka max.	67.7	9.8	58.0	0.0	67.3	9.0	3	36

Polttoaineen kulutus nopeuden funktiona analysaattorilla mitattuna sekä henkilöautojen ajonopeusjakautuma:



Tutkimuskohde 11

Maantie 1302, Rauhanmäki - Tapola, tieosa 01

Päällyste: huonokuntainen öljysora, halkeamia

Geometria: mäkinen ja mutkainen, melko yhtenäinen

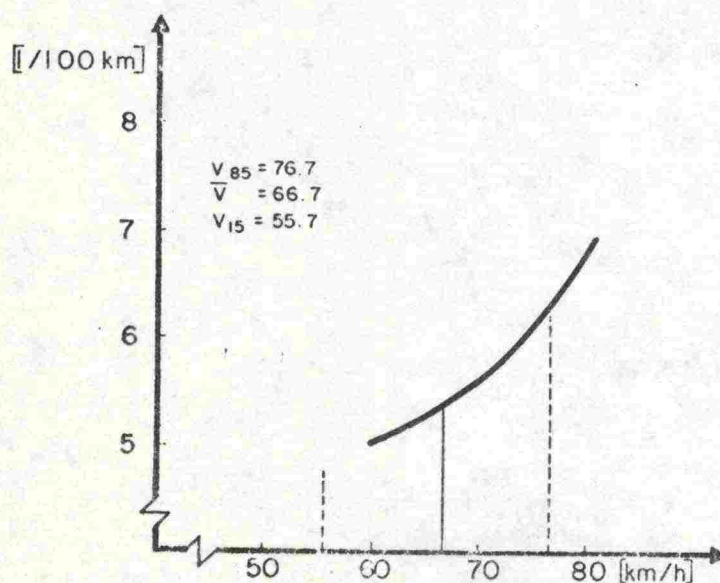
Tutkimusosuuden tieolosuhteet ja liikennemäärä:

Pituus (km)	Tien leveys (m)	Mäkisyys (m/km)	Kaarteisuus (grad/km)	KVL (ajon/vrk)
3.126	6.0	20	130	400

Nopeusmittaustulokset mittausmenetelmittäin ja ajoneuvotyypeittäin:

Mittaus- tapa	Henk.autot		Rask.autot		Kaikki autot		Raj. ylitys-%	Havain- tomäärä
	\bar{v}	s	\bar{v}	s	\bar{v}	s		
Rek.tun.	66.7	11.9	50.5	8.6	63.7	10.7	9	44
Tutka min.	69.3	15.1	50.3	4.9	64.4	13.1	11	18
Tutka max.	64.8	7.7	47.5	6.9	63.0	8.8	4	28

Polttoaineen kulutus nopeuden funktiona analysaattorilla mitattuna sekä henkilöautojen ajonopeusjakautuma:



Tutkimuskohde 12

Paikallistie 11794, Sääksjärvi - Vahijärvi, tieosa 03

Päällyste: huonokuntoinen öljysora, halkeamia

Geometria: yhtenäinen, joitakin lyhyitä näkemiä

Erikoispiirteitä: vähän liikennettä, nopeushavaintoja liian vähän

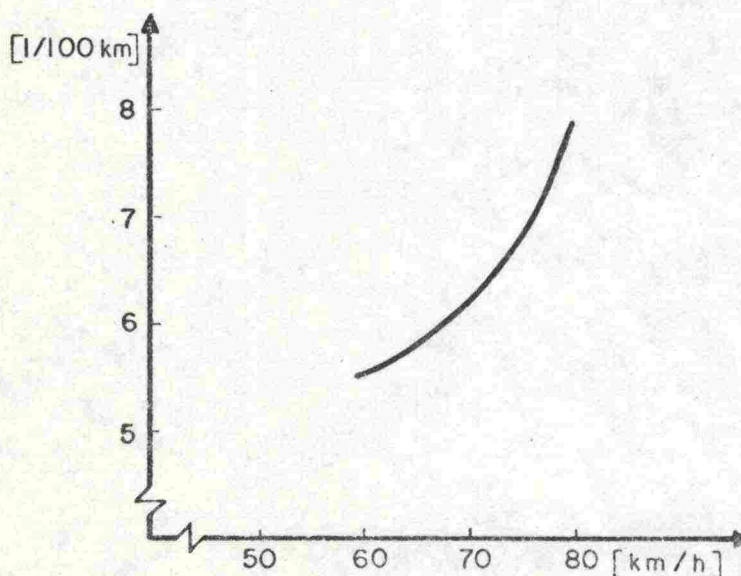
Tutkimusosuuden tieolosuhteet ja liikennemäärä:

Pituus (km)	Tien leveys (m)	Mäkisyys (m/km)	Kaarteisuus (grad/km)	KVL (ajon/vrk)
3.696	6.0	23	133	250

Nopeusmittaustulokset mittausmenetelmittäin ja ajoneuvotyypeittäin:

Mittaus- tapa	Henk.autot		Rask.autot		Kaikki autot		Raj. ylitys-%	Havain- tomäärä
	\bar{v}	s	\bar{v}	s	\bar{v}	s		
Rek.tun.	53.0	3.0	39.5	3.5	46.0	8.9	-	4
Tutka min.	58.0	4.5	-	-	58.0	4.5	-	3
Tutka max.	62.6	14.5	47.0	0.0	61.0	12.7	9	11

Polttoaineen kulutus nopeuden funktiona analysaattorilla mitattuna:



Tutkimuskohde 13

Maantie 110, Raasepori - Inkoo, tieosa 05

Päällyste: hyväkuntoinen soratie

Geometria: mäkinen ja mutkainen, pienisäteisiä kaarteita

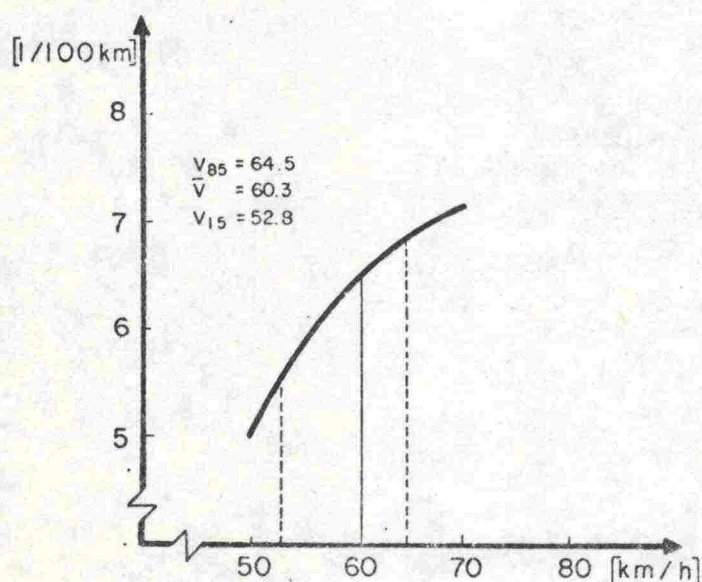
Tutkimusosuuden tieolosuhteet ja liikennemäärä:

Pituus (km)	Tien leveys (m)	Mäkisyys (m/km)	Kaarteisuus (grad/km)	KVL (ajon/vrk)
3.789	6.0	31	263	350

Nopeusmittaustulokset mittausmenetelmittäin ja ajoneuvotyypeittäin:

Mittaus- tapa	Henk.autot		Rask.autot		Kaikki autot		Raj. ylitys-%	Havain- tomäärä
	\bar{v}	s	\bar{v}	s	\bar{v}	s		
Rek.tun.	60.3	6.4	55.0	5.3	58.6	6.8	-	41
Tutka min.	48.6	3.2	41.3	2.6	46.7	4.6	-	12
Tutka max.	66.1	11.3	66.0	7.4	67.0	10.7	8	26

Polttoaineen kulutus nopeuden funktiona analysaattorilla mitattuna sekä henkilöautojen ajonopeusjakautuma:



Tutkimuskohde 14

Maantie 116, Lohjan as. - Inkoo, tieosa 02

Päällyste: melko huonokuntainen soratie, irtonaista ainesta kaarteissa, epätasainen tien pinta

Geometria: melko yhtenäinen, joitakin pienisäteisiä kaarteita

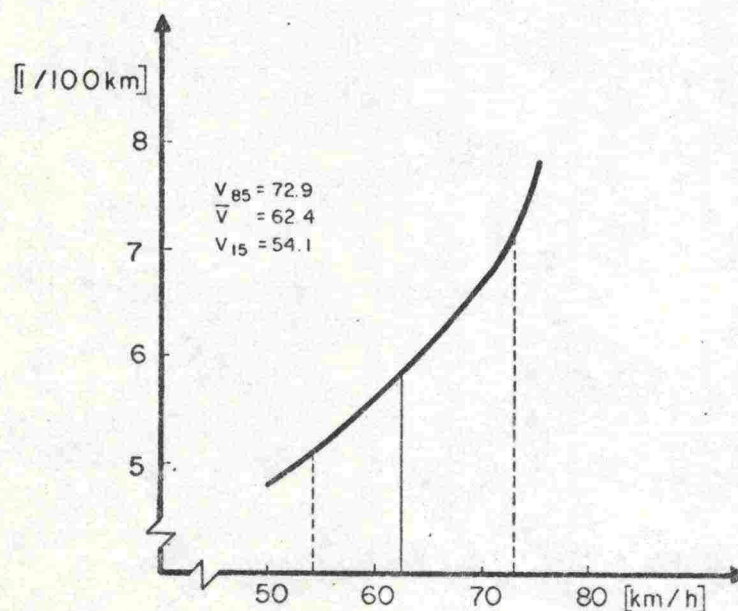
Tutkimusosuuden tieolosuhteet ja liikennemäärä:

Pituus (km)	Tien leveys (m)	Mäkisyys (m/km)	Kaarteisuus (grad/km)	KVL (ajon/vrk)
3.750	6.0	25	89	950

Nopeusmittaustulokset mittausmenetelmittäin ja ajoneuvotyypeittäin:

Mittaus- tapa	Henk.autot		Rask.autot		Kaikki autot		Raj. ylitys-%	Havain- tomäärä
	\bar{v}	s	\bar{v}	s	\bar{v}	s		
Rek.tun.	62.4	9.3	57.2	10.0	62.4	9.7	3	60
Tutka min.	55.3	7.3	52.8	6.2	55.5	7.4	-	34
Tutka max.	69.8	11.3	73.8	8.3	69.7	11.5	15	34

Polttoaineen kulutus nopeuden funktiona analysaattorilla mitattuna sekä henkilöautojen ajonopeusjakautuma:



Tutkimuskohde 15

Maantie 143, Ylentola - Sälinkää, tieosa 06

Päällyste: perusparannettavana, irtomurskaa

Geometria: hyvä ja yhtenäinen

Erikoispiirteitä: runsaasti tietyön aiheuttamaa liikennettä

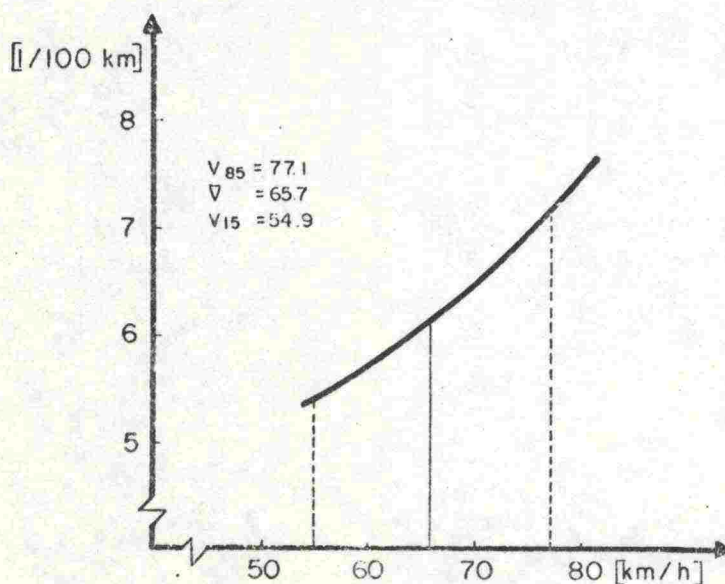
Tutkimusosuuden tieolosuhteet ja liikennemäärä:

Pituus (km)	Tien leveys (m)	Mäkisyys (m/km)	Kaarteisuus (grad/km)	KVL (ajon/vrk)
3.599	7.5	6	54	300

Nopeusmittaustulokset mittausmenetelmittäin ja ajoneuvotyypeittäin:

Mittaus- tapa	Henk.autot		Rask.autot		Kaikki autot		Raj. ylitys-%	Havain- tomäärä
	\bar{v}	s	\bar{v}	s	\bar{v}	s		
Rek.tun.	65.7	7.2	62.9	7.9	63.8	7.9	-	19
Tutka min.	53.8	4.0	60.0	5.8	58.4	5.2	-	21
Tutka max.	67.5	9.9	61.7	6.9	65.9	8.6	9	11

Polttoaineen kulutus nopeuden funktiona analysaattorilla mitattuna sekä henkilöautojen ajonopeusjakautuma:



Tutkimuskohde 16

Maantie 155, Porvoo - Sumsund, tieosa 02

Päällyste: huonokuntoinen soratie, runsaasti irtonaista aineista

Geometria: vaihteleva, pienisäteisiä kaarteita ja mäkiä, joissa on huono optinen ohjaus

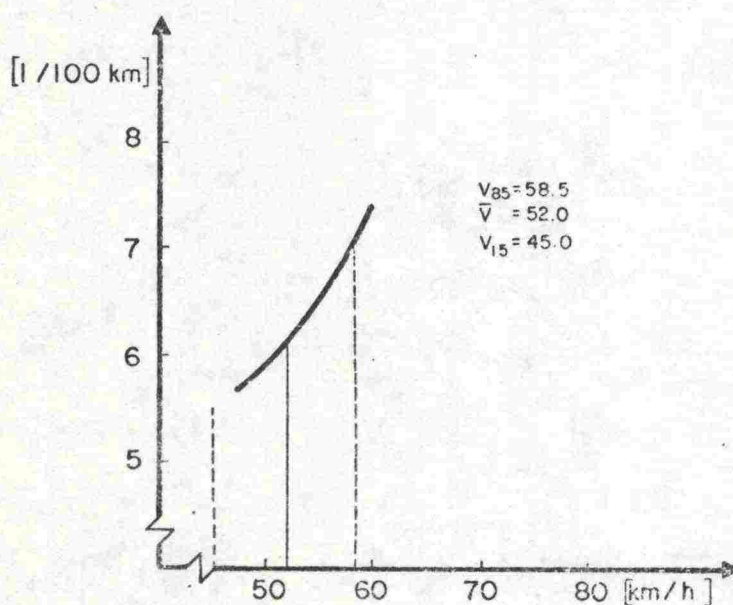
Tutkimusosuuden tieolosuhteet ja liikennemäärä:

Pituus (km)	Tien leveys (m)	Mäkisyys (m/km)	Kaarteisuus (grad/km)	KVL (ajon/vrk)
4.057	5.5	32	297	550

Nopeusmittaustulokset mittausmenetelmittäin ja ajoneuvotyypeittäin:

Mittaus- tapa	Henk.autot		Rask.autot		Kaikki autot		Raj. ylitys-%	Havain- tomäärä
	\bar{v}	s	\bar{v}	s	\bar{v}	s		
Rek.tun.	52.0	5.7	50.2	4.3	51.4	5.8	-	52
Tutka min.	55.8	6.4	52.7	5.7	52.7	6.1	-	29
Tutka max.	63.7	6.9	60.6	5.3	60.6	6.4	-	26

Polttoaineen kulutus nopeuden funktiona analysaattorilla mitattuna sekä henkilöautojen ajonopeusjakautuma:



Tutkimuskohde 17

Maantie 173, Kausala - Myrskylä, tieosat 08 ja 09

Päällyste: melko hyväkuntoinen soratie, hiukan irtonaista ainesta

Geometria: vaihteleva, joitakin pienisäteisiä kaarteita ja lyhyitä näkemiä

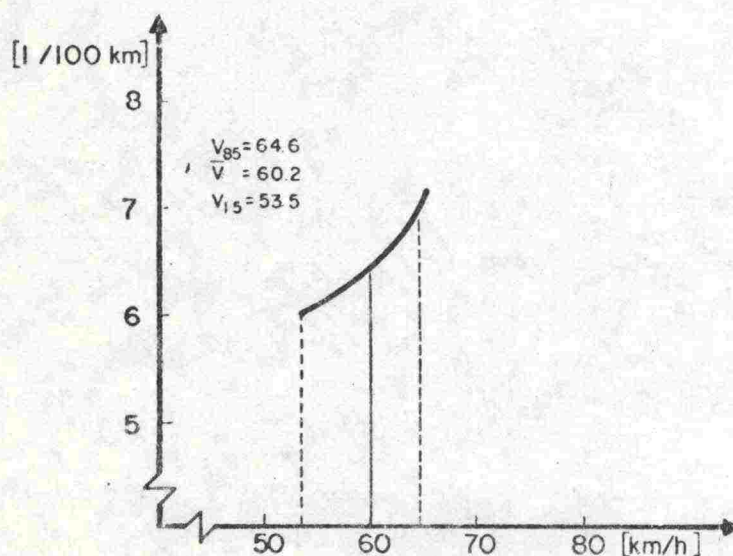
Tutkimusosuuden tieolosuhteet ja liikennemäärä:

Pituus (km)	Tien leveys (m)	Mäkisyys (m/km)	Kaarteisuus (grad/km)	KVL (ajon/vrk)
3.829	6.2	17	213	150

Nopeusmittaustulokset mittausmenetelmittäin ja ajoneuvotyypeittäin:

Mittaus- tapa	Henk.autot		Rask.autot		Kaikki autot		Raj. ylitys-%	Havain- tomäärä
	\bar{v}	s	\bar{v}	s	\bar{v}	s		
Rek.tun.	60.2	6.1	63.0	5.2	61.6	5.5	-	46
Tutka min.	59.3	5.8	65.5	9.4	61.6	7.5	-	32
Tutka max.	55.9	5.5	58.0	4.4	57.9	5.0	-	23

Polttoaineen kulutus nopeuden funktiona analysaattorilla mitattuna sekä henkilöautojen ajonopeusjakautuma:



Tutkimuskohde 18

Maantie 1632, Sääksjärvi - Pukkila, kk tieosa 01

Päällyste: melko hyväkuntoinen soratie, hiukan irtonaista ainesta kaarteissa

Geometria: yhtenäinen, kaarteet loivia, joitakin lyhyitä näkemiä

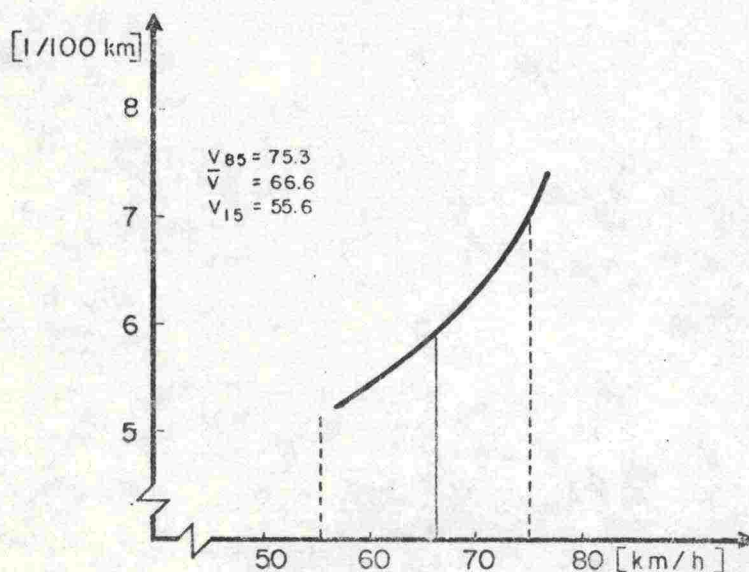
Tutkimusosuuden tieolosuhteet ja liikennemäärä:

Pituus (km)	Tien leveys (m)	Mäkisyys (m/km)	Kaarteisuus (grad/km)	KVL (ajon/vrk)
4.030	6.0	20	138	350

Nopeusmittaustulokset mittausmenetelmittäin ja ajoneuvotyypeittäin:

Mittaus- tapa	Henk.autot		Rask.autot		Kaikki autot		Raj. ylitys-%	Havain- tomäärä
	\bar{v}	s	\bar{v}	s	\bar{v}	s		
Rek.tun.	66.6	9.1	56.3	9.0	65.0	7.5	6	32
Tutka min.	61.5	8.2	60.5	1.5	60.9	5.9	6	17
Tutka max.	65.2	8.4	53.5	5.5	63.7	7.5	-	15

Polttoaineen kulutus nopeuden funktiona analysointorilla mitattuna sekä henkilöautojen ajonopeusjakautuma:



Tutkimuskohde 19

Maantie 1701, Pyörähtälä - Kuivanto, tieosa 01

Päällyste: melko huonokuntoinen soratie, kulunut, kaarteissa irtonaista ainetta

Geometria: vaihteleva, kaarteet melko loivia, joitakin lyhyitä näkemiä

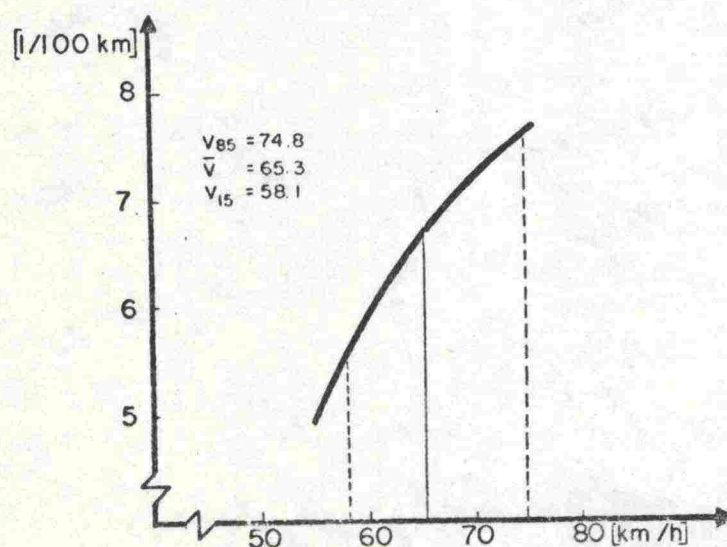
Tutkimusosuuden tieolosuhteet ja liikennemäärä:

Pituus (km)	Tien leveys (m)	Mäkisyys (m/km)	Kaarteisuus (grad/km)	KVL (ajon/vrk)
4.731	6.0	28	203	450

Nopeusmittaustulokset mittausmenetelmittäin ja ajoneuvotyypeittäin:

Mittaus- tapa	Henk.autot		Rask.autot		Kaikki autot		Raj. ylitys-%	Havain- tomäärä
	\bar{v}	s	\bar{v}	s	\bar{v}	s		
Rek.tun.	65.3	7.8	58.1	8.1	61.6	7.5	-	28
Tutka min.	69.0	4.4	59.3	8.3	66.0	6.9	-	12
Tutka max.	70.7	8.8	65.4	13.2	68.5	9.4	15	13

Polttoaineen kulutus nopeuden funktiona analysaattorilla mitattuna sekä henkilöautojen ajonopeusjakautuma:



4.2 Yhteenveto mittaustuloksista

4.21 Tieolosuhteet

Tutkimusosuuksien tien leveys oli keskimäärin 6,3 m (5,5 - 7,5 m), mäkisyys 23 m/km (4 - 35 m/km) ja kaarteisuus 150 grad/km (47 - 297 grad/km). Selvitys tieolosuhteista päällystetyypeittäin on koottu taulukkoon 1.

Taulukko 1. Keskimääräiset tieolosuhteet eri päällystetyypeillä

Päällyste	Lev. (m)	Haj. (m)	Mäkis. (m/km)	Haj. (m/km)	Kaart. (grad/km)	Haj. (grad/km)	K100 (kpl)	K200 (kpl)	K (kpl/km)
Ab	6,6	0,2	24	5	129	16	0,3	2,8	5,4
Ös	6,4	0,3	22	11	135	51	0	3,0	5,1
Sr	6,2	0,6	23	9	180	90	1,6	7,1	5,7
Kaikki	6,3	0,4	23	9	150	65	0,7	4,5	5,4

K100 = alle 100 m säteisten kaarteiden lukum.

K200 = 100-200 m " " "

K = kaikkien kaarteiden lukum./km

Leveimmät olivat tiet keskimäärin kestopäällysteisillä ja kapeimmat sorapäällysteisillä teillä. Leveyden vaihtelu oli selvästi suurinta sorateilla, mistä löytyivät tutkimuksen sekä levein että kapein tieosuus.

Keskimääräinen mäkisyys ei juuri vaihdellut eri päällystetyyppien välillä ja oli Etelä-Suomen tasaisessa maastossa suhteellisen pieni. Mäkisyyden suhteen monipuolisinta oli öljysorateiden ja sorateiden havaintoaineisto.

Kaarteisimpia olivat tiet sorateiden luokassa (180 grad/km) ja kaarteisuuden vaihtelu eri tutkimusosuuksien välillä oli täällä myös suurinta. Kaarteisuuden ohella selvitettiin säteeltään alle 100 metristen ja 100-200 metristen kaarteiden lukumäärät, ja myös tässä suhteessa erosivat soratiet jyrkkien kaarteitensa ansiosta muista tutkituista teistä. Kaikkiaan oli kaarteita tutkimusosuuksilla keskimäärin 5,4 kpl/km.

TVL:n tierekisteriin on inventoitu tien geometriatiedot runsaasta kolmasosasto perusnopeustieverkkoa, jolloin keskimääräiseksi mäkisyysdeksi on saatu 18 m/km ja kaarteisuudeksi 92 grad/km. Voidaan kuitenkin olettaa, että inventointi on kohdistunut perusnopeusteiden parhaaseen osaan, jolloin kaikkien perusnopeusteiden keskimääräinen mäkisyys ja kaarteisuus on jonkin verran edellä mainittuja arvoja suurempi.

Liikenne ko. teillä oli tutkimuksen aikana melko vähäistä eikä näinollen vaikuttanut ajoanalysointimittauksiin.

4.22 Nopeudet

Keskimääräinen ajonopeus ja 85 % nopeus sekä nopeuksien keskihajonta oli eri päällystetyypeillä seuraava:

	\bar{v} (km/h)	v_{85} km/h	s (km/h)
kestopäällystetyt tiet	69,4	77,7	8,6
öljysoratiet	66,9	77,4	9,6
soratiet	60,0	69,1	8,7

Kaikkien tutkimuksessa mitattujen autojen keskiajonopeus oli 65,7 km/h, 85 %:n nopeus 75,7 km/h ja nopeuksien keskihajonta 9,7 km/h.

Perusnopeusrajoituksen 80 km/h ylitti tutkimusväleillä 7 % autoista. Keskimääräiset ajonopeudet jäivät kuitenkin kaikilla päällystetyypeillä nopeusrajoitusta pienemmiksi, kestopäällystetyillä teillä n. 10 km/h ja sorateilla 20 km/h. 85 %:n nopeudet olivat keskimäärin 10 km/h keskinopeuksia suurempia eron ollessa suurin öljysorateilla.

Tieosuuksien geometrian vaihtelua kuvaamaan pyrittiin pistenopeuksien mittauksilla löytämään kunkin tutkimusvälin hitaimmat ja nopeimmat kohdat. Seuraavassa on esitetty arvioiduissa maksimi- ja miniminopeuspisteissä mitattujen nopeuksien keskiarvot (\bar{v} max ja \bar{v} min) päällystetyypeittäin. Lisäksi on merkitty nopeusrajoituksen ylittäneiden prosenttiosuus maksiminopeuspisteissä.

	\bar{v} min(km/h)	\bar{v} max(km/h)	raj.ylit. %
kestopäällystetyt tiet	65,1	73,6	26
öljysoratiet	65,2	69,7	11
soratiet	57,7	65,1	7

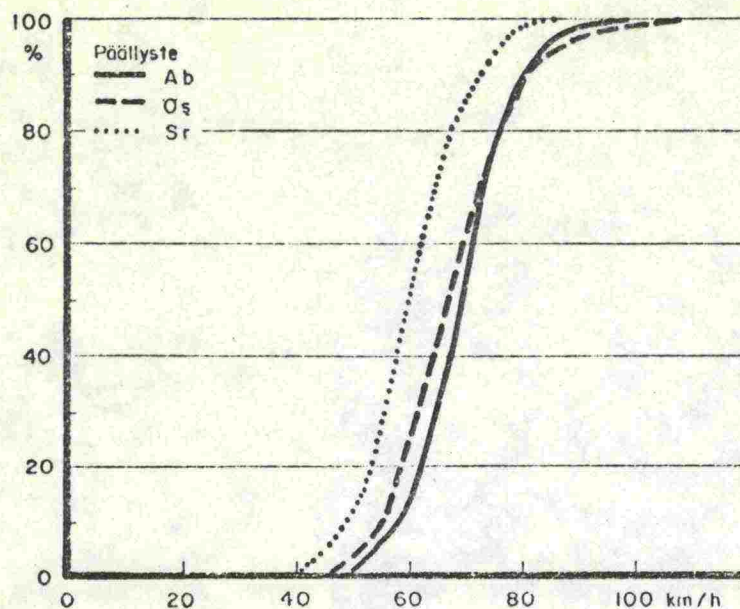
Ns. maksimipisteiden korkein keskinopeus saavutettiin kestopäällystetyillä teillä (73,6 km/h) sorateiden nopeuden ollessa 8,5 km/h alempi. Minimipisteiden keskinopeus vaihteli 5 - 9 km/h alemmalla tasolla, pienin nopeus oli edelleen sorateilla.

Kesällä 1980 valta- ja kantateillä suoritetuissa tutkimittauksissa saatiin niillä teillä, joilla on tiekohtainen nopeusrajoitus 80 km/h, kaikkien autojen keskinopeudeksi 79,8 km/h. Käytetty mittaustapa vastasi perusnopeusteillä suoritettuja maksimipistenopeusmittauksia (keskinopeus 69,9 km/h). Niillä tieosilla, joilla mittauspisteet sijaitsivat, keskimääräinen ajoradan leveys oli 7,0 m, mäkisyys 10 m/km ja kaarteisuus 24 grad/km.

Keskinopeudet ajoneuvotyypeittäin (henkilö-, paketti- ja raskaat autot) on esitetty taulukossa 2 ja henkilöautojen ajonopeusjakautuma kuvassa 1.

Taulukko 2. Keskinopeudet ja -hajonnat päällystetyypeittäin henkilö-, paketti- ja raskailla autoilla

Päällyste	Henkilöautot				Pakettiautot				Raskaat autot			
	Ajonopeus		Pistenopeus		Ajonopeus		Pistenopeus		Ajonopeus		Pistenopeus	
	\bar{v}	s	\bar{v} min	\bar{v} max	\bar{v}	s	\bar{v} min	\bar{v} max	\bar{v}	s	\bar{v} min	\bar{v} max
Ab	69,8	9,0	65,4	74,1	69,3	7,8	64,8	73,1	66,9	8,6	63,2	70,5
Us	68,3	10,7	66,1	70,8	65,6	7,7	67,0	66,8	61,3	9,6	57,9	65,4
Sr	60,8	9,1	57,3	66,1	61,3	9,8	60,7	66,8	58,0	8,2	58,1	62,0
Kaikki	66,9	10,4	63,4	71,0	65,8	8,8	63,0	63,8	60,9	9,4	59,4	65,4



Kuva 1. Henkilöautojen ajonopeusjakautuma kestopäällystetyillä, öljysora- ja sorateilla

Ajoneuvokohtaisilla nopeusrajoituksilla ei ollut vaikutusta nopeuksiin pakettiautojen ja raskaiden ajoneuvojen 80 km/h -rajoituksen ollessa saman suuruinen perusnopeuden kanssa. Henkilö- ja pakettiautojen nopeudet ovatkin lähes samalla tasolla. Tieolosuhteiden vaikutus on ollut voimakkain raskaiden ajoneuvojen nopeuksissa, jotka varsinkin öljysorateilla ovat selvästi keveiden autojen nopeuksia pienempiä.

Henkilöautojen nopeusjakautumasta voidaan havaita ajonopeuksien olevan molemmissa päällystetyissä tieryhmissä varsin lähellä toisiaan sorateiden nopeuksien ollessa hieman alempia. Valtaosa mitatuista nopeuksista oli päällystetyillä teillä välillä 60 - 80 km/h ja vastaavasti sorateilla välillä 50 - 70 km/h.

Ajonopeuksien ja tieolosuhteiden välistä riippuvuutta tarkasteltiin regressiomallien avulla. Mallikokeilun avulla haluttiin selvittää, kuvaavatko geometrian vaihtelu sekä päällysteen laatu ja kunto eri koeosuuksien keskinopeuksissa olevia eroja.

Malleissa käytettiin seuraavia muuttujia:

- mäkisyys M (m/km)
- kaarteisuus G (grad/km)
- päällyste P , 0 = soratie
1 = päällystetty
- päällysteen kuntoluokka KL , 0 = huono
1 = hyvä
- keskiajonopeus \bar{v} (km/h)

Havaintojen lukumäärä kaikissa malleissa oli 18 eli yhtä pienempi kuin mittauskohteiden lukumäärä. Paikallistie 11794 jouduttiin jättämään pois mallitarkastelusta riittämättömien nopeushavaintojen vuoksi. Päällystetyypittäistä mallitarkastelua ei tehty, koska havaintomäärä eri päällysteillä oli melko pieni. Pistenopeuksia ei käytetty mallitarkastelussa, koska mäkisyys ja kaarteisuus kuvaavat koko tutkimuskohteen olosuhteita.

Eri ajoneuvotyyppien keskinopeuksille saatiin seuraavat mallit:

Kaikki autot

$$\bar{v} = 70,8 - 0,102 \cdot M - 0,044 \cdot G + 4,949 \cdot P \quad R^2 = 0,758$$

$$\bar{v} = 69,6 - 0,078 \cdot M - 0,051 \cdot G + 2,810 \cdot P + 4,587 \cdot KL \quad R^2 = 0,884$$

R = mallin korrelaatiokerroin

Henkilöautot

$$\bar{v} = 72,6 - 0,121 \cdot M - 0,045 \cdot G + 4,614 \cdot P \quad R^2 = 0,727$$

$$\bar{v} = 71,7 - 0,101 \cdot M - 0,051 \cdot G + 2,874 \cdot P + 3,729 \cdot KL \quad R^2 = 0,804$$

Raskaat autot

$$\bar{v} = 64,9 - 0,104 \cdot M - 0,028 \cdot G + 4,385 \cdot P \quad R^2 = 0,417$$

$$\bar{v} = 63,4 - 0,073 \cdot M - 0,038 \cdot G + 1,574 \cdot P + 6,025 \cdot KL \quad R^2 = 0,617$$

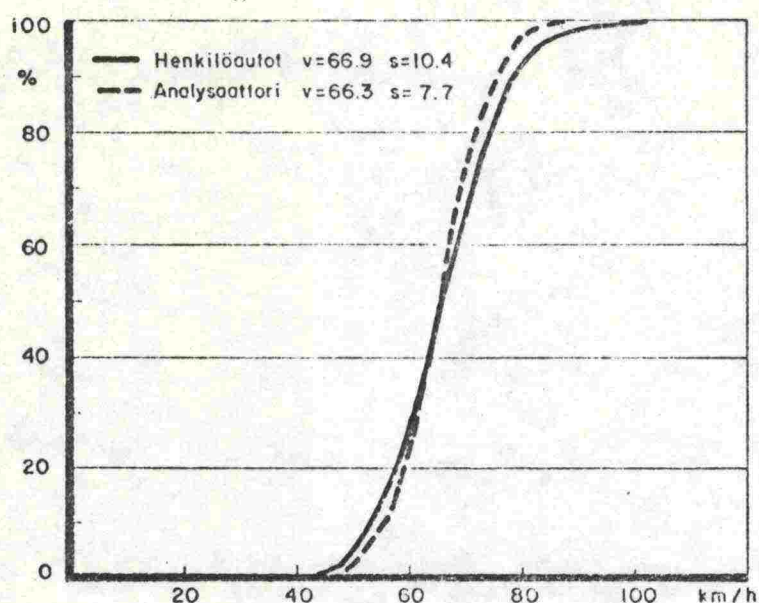
Mallien perusteella voidaan tehdä seuraavia johtopäätöksiä:

Mäkisyyden koko vaihteluväli tutkimusaineistossa aiheuttaa eri ajoneuvotyyppien keskiajonopeuksiin 2-4 km/h vaihtelun. Kaarteisuuden vaikutus on 7-13 km/h. Mäkisyyden ja kaarteisuuden vaikutus ajonopeuteen korostuu silloin, kun ne vaikuttavat samanaikaisesti. Näkemäprosenttien mittaaminen saattaisi parantaa mallien selittävyttä. Tien päällystäminen nostaa keskiajonopeuksia 4-5 km/h.

Tien pinnan kunnolla on selvä vaikutus ajonopeuksiin. Käytetty muuttuja kuntoluokka (hyvä, huono), joka perustuu silmämääräiseen havaintoon, ei anna riittävää kuvaa erilaisista tien pinnoista.

Tien geometrian vaihtelu vaikuttaa voimakkaammin henkilöautojen kuin raskaiden autojen ajonopeuksiin. Raskaiden autojen nopeusmallien huono selittävyys johtuu osittain pienistä havaintomääristä.

Samanaikaisesti nopeusmittausten kanssa analysaattoriauto mitasi polttoaineenkulutusta tutkimusvälillä. Analysaattoriauton nopeudet havaittiin sekä tutkalla että rekisteritunnusmenetelmällä, ja niitä verrattiin muiden henkilöautojen nopeuksiin (kuva 2). Analysaattoriauton keskinopeus vastasi melko hyvin (ero 0,6 km/h) muiden henkilöautojen keskinopeutta. Sen sijaan nopeuksien hajonta oli analysaattoriautolla selvästi pienempi (ero 2,7 km/h) kuin muilla henkilöautoilla.



Kuva 2. Henkilöautojen ja analysaattoriauton ajonopeusjakautumat kaikissa mittauksissa

4.23 Polttoaineenkulutus

Alla esitetään ajoanalysaattoriajoneuvon keskimääräinen polttoaineenkulutus päällystetyypeittäin henkilöautojen keskimääräisellä ajonopeudella.

	\bar{p} (l/km)	\bar{v} km/h
kestopäällystetyt tiet	5,8	70
öljysoratiet	5,9	68
soratiet	6,2	61

\bar{v} = henkilöautojen keskimääräinen ajonopeus

\bar{p} = ajoanalysaattoriauton keskimääräinen polttoaineenkulutus

Taulukoissa 3 ja 4 on tarkasteltu keskikulutusta sekä suurinta ja pienintä kulutusta eri nopeusalueilla päällystetyypeittäin.

Taulukko 3. Keskikulutukset päällystetyypeittäin sekä Sr- ja Ös-teiden kulutuslisä prosentteina kestopäällystettyihin teihin nähden nopeusalueella 55-80 km/h

(km/h)	\bar{p} (1/100 km)			Kulutuksen lisäys %:na Ab:n suht.	
	Ab	Ös	Sr	Ös	Sr
55	4,7	5,1	5,7	+9	+21
60	5,1	5,4	6,1	+6	+20
65	5,5	5,7	6,4	+4	+16
70	5,8	6,0	6,8	+3	+17
75	6,2	6,4	7,3	+3	+18
80	6,5	6,9	-	+6	-

Kestopäällysteteillä oli polttoaineenkulutus pienin ja ajonopeus suurin. Päällysteen vaikutus kulutukseen näkyi selvemmin tarkasteltaessa polttoaineenkulutusta päällystetyypeittäin eri nopeustasoilla. Keskikulutus oli sorateilla n. 20 % ja öljysorateilla n. 5 % suurempi kuin kestopäällystetyillä teillä. Ryhmien väliset keskikulutuserot olivat johdonmukaisia ja selviä.

Taulukko 4. Kulutus parhaimmalla ja huonoimmalla kohteella päällystetyypeittäin

(km/h)	(1/100 km)					
	Sr		Ös		Ab	
	min	max	min	max	min	max
50	-	5,9	-	-	-	-
55	-	6,5	-	5,2	-	-
60	5,4	7,4	-	5,5	-	-
65	5,7	-	4,5	6,0	5,0	6,4
70	6,3	-	4,7	6,7	5,2	6,6
75	7,1	-	5,2	7,1	5,4	6,8
80	-	-	5,8	-	5,9	-

Ryhmien sisällä esiintyi suuria kulutuseroja parhaimman ja huonoimman kohteen välillä (taulukko 4). Suurimmat vaihtelut löytyivät sora- ja öljysorateiden ryhmästä. Esimerkiksi sora-teillä nopeustasolla 60 km/h maksimikulutusero oli 21/100 km, mikä vastasi 37 % kulutuslisää minimikulutusarvoon nähden.

Öljysorateilla todettiin vastaava 21/100 km maksimikulutusero nopeudella 70 km/h, mikä edusti 43 % kulutuslisää minimikulutusarvosta. Kestopäällystetyillä teillä vallitsi suurin yhtenäisyys kulutuksen suhteen, sillä kestopäällystettyjen teiden ryhmässä muodostui maksimikulutuseroksi noin 1,4 l/100 km, mikä vastasi 28 % kulutuslisää ryhmän minimikulutusarvosta nopeudella 65 km/h.

Ryhmien sisäinen kulutusvaihtelu oli selvästi suurempi kuin erot ryhmien välisissä keskikulutuksissa. Sisäisiä vaihtelua selitti tien geometria ja sen vaihtelu sekä päällysteen kunto. Vaihtelu pieneni selvästi tarkasteltaessa pienintä ja suurinta kulutusta päällystetyypeittäin eri teillä mitatulla keskinopeuksilla ajettaessa.

	kulutus min.	kulutus max.	kulutusero %
kestopäällystetyt tiet	5,3	6,4	22
öljysoratiet	5,2	6,1	17
soratiet	5,6	6,6	18

Pienimmät kulutuslukemat saatiin niillä öljysorateilla (kohteet 8 ja 9), joilla geometria on hyvää ja joilla myös keskinopeudet olivat suurimmat. Odotetusti suurimmat kulutukset mitattiin sellaisilla sorateilla, joilla geometria on huono ja saviorakulutuskerroksen kunto oli heikko (kohteet 16 ja 17). Näillä kohteilla esiintyivät myös alhaisimmat keskinopeudet.

Suurin sisäinen yhtenäisyys geometrian, polttoaineen kulutuksen ja nopeuden suhteen vallitsi kestopäällystettyjen teiden ryhmässä; ainoastaan kohteelta 4 saatiin tulokset, jotka selvästi poikkesivat ryhmänsä keskiarvotuloksista - tosin kestopäällystettyjen teiden ryhmään kuului vain neljä kohdetta.

Mitatuista kulutuksista nopeuden funktiona piirrettyt kulutus-käyrät olivat kohteita 13 ja 19 lukuunottamatta muodoltaan alaspäin kuperia.

Kohteilta 13 ja 19 saaduista tuloksista piirrettyjen kulutus-käyrien poikkeuksellinen kuperuussuunta (ylöspäin kupera) johdunee satunnaistekijöistä. Näidenkin kohteiden osalta tulokset tarkentuvat jatkomittauksissa.

Ajoanalysointorin avulla kerätyn aineiston pohjalta estimoitettiin eräitä regressiomalleja, joissa polttoaineenkulutusta selitetään ajonopeudella ja eri tietekijöillä. Mallikokeilulla haluttiin tietoa mm. seuraavista asioista:

- mitkä tietekijät selittävät parhaiten kulutusta
- voidaanko eri päällysteillä syntyvää kulutusta selittää samoilla muuttujilla

Malleissa kokeiltiin seuraavia muuttujia:

- nopeus v (km/h)
- mäkisyys M (m/km)
- kaarteisuus G (grad/km)
- kaarteiden lukum. säde alle 100 m K100
- " " 150 m K150
- kaarteiden lukum. säde 100-200 m K200
- päällysteen kuntuiluokka KL 0 = huono
1 = hyvä
- polttoaineen kulutus p (l/100 km)

Seuraavassa esitetään eri päällystetyypeille saadut parhaimmat mallit. Havaintoyksikkönä malleja estimoidaessa on käytetty määrätyllä kohteella suoritettua edestakaista ajoa.

Soratiet

Tiekohteiden lkm/Havaintojen lkm = 7/32

$$p = -0,50 + 0,10 \cdot v + 0,88 \cdot K100$$

$$R^2 = 0,880$$

$$p = -0,57 + 0,097 \cdot v + 0,0044 \cdot G$$

$$R^2 = 0,800$$

$$p = -0,57 + 0,10 \cdot v + 0,087 \cdot M - 0,14 \cdot KL + 0,77 \cdot K100 \quad R^2 = 0,889$$

Kestopäällystetyt- ja öljysoratiet

Tiekohteiden lkm/Havaintojen lkm = 12/53

$$p = -1,4 + 0,085 \cdot v + 0,011 \cdot G - 0,33 \cdot KL \quad R^2 = 0,725$$

$$p = -1,9 + 0,089 \cdot v + 0,046 \cdot M + 0,0038 \cdot G \quad R^2 = 0,772$$

Öljysoratiet

Tiekohteiden lkm/Havaintojen lkm = 8/36

$$p = -1,9 + 0,092 \cdot v + 0,014 \cdot G - 0,035 \cdot KL \quad R^2 = 0,797$$

$$p = -2,1 + 0,094 \cdot v + 0,011 \cdot G \quad R^2 = 0,746$$

$$p = -2,4 + 0,097 \cdot v + 0,044 \cdot M + 0,0039 \cdot G \quad R^2 = 0,838$$

Kestopäällystetyt tiet

Tiekohteiden lkm/Havaintojen lkm = 4/17

$$p = -1,8 + 0,071 \cdot v + 0,11 \cdot M \quad R^2 = 0,800$$

$$p = -1,6 + 0,072 \cdot v + 0,017 \cdot G \quad R^2 = 0,563$$

Mallien perusteella voidaan tehdä mm. seuraavia johtopäätöksiä:

Nopeus on odotetusti voimakkain ja tärkein kulutuksen selittäjä. Sorateilla nopeuden lisääminen 10 km/h lisää kulutusta n. litralla 100 km kohti, kestopäällystetyillä teillä vastaavasti n. 0,7 litralla.

Geometriamuuttujista tärkein on kaarteisuus. Sorateilla muuttuja K100 eli alle sadan metrin säteisten kaarteiden lukumäärä kilometriä kohti on vielä parempi selittäjä kuin kaarteisuus.

Mäkisyyden vaikutuksesta polttoaineenkulutukseen tämä analyysi ei anna tietoa. Eräissä soratiemalleissa mäkisyydelle saatiin jopa negatiivinen vaikutus.

Päällysteen kuntoluokka ei missään mallissa ollut merkittävä kulutuksen selittäjä. Tämä johtunee siitä, että kuntoluokkaa on kuvattu vain kahdella arvolla (= hyvä, huono). Lisäksi kunnan arvio perustuu silmämääräiseen havaintoon. Yleisesti ottaen voidaan sanoa, että malleilla on melko korkeat selitykasteet ja jo nopeudella ja kaarteisuudella selittyy melko suuri osa kulutuksen vaihtelusta. Malleja tarkasteltaessa on muistettava että geometriamuuttujien vaihtelu on vähäistä. Esim. soratiemalleissa on mukana vain 7 tiekohdetta. Tämän takia tässä saatuja tuloksia geometrian vaikutuksesta kulutukseen ei voida yleistää.

5. TULOSTEN TARKASTELUA

Perusnopeusteiden geometrisia ominaisuuksia verrattaessa voidaan todeta, että soratiet olivat keskimäärin mutkaisimpia ja tutkimusosuuksiin sisältyi näillä teillä paljon pienisäteisiä kaarteita. Kaarteiden kokonaislukumäärä kilometriä kohti oli sen sijaan kaikilla päällystetyypeillä lähes yhtä suuri. Mäkisyys oli keskimäärin samansuuruinen kaikilla päällystetyypeillä.

Eri mittauskohteita vertailtaessa kestopäällysteisillä teillä sekä keskinopeuksien että polttoaineenkulutuksen vaihtelu oli melko vähäistä. Sen sijaan öljysoratiet voidaan jakaa keskinopeuden perusteella kahteen ryhmään: osalla teistä nopeudet vastasivat kestopäällystettyjen teiden nopeuksia, kun taas osalla nopeudet olivat vain hiukan korkeampia kuin sorateilla. Erot öljysorateiden geometriassa selittävät melko hyvin keskinopeuden vaihtelun. Osa maamme öljysorateista onkin entisiä sorateita, joilla ei päällystyksen yhteydessä ole suoritettu linjauksen parantamista. Sorateiden keskinopeuksien suuret erot johtuivat erilaisista geometria-arvoista ja tien pinnan kunnosta.

Havaintoaineistosta näkyy selvästi, että liikenteen nopeuden ja analysaattorilla mitatun polttoaineenkulutustason välillä vallitsee selvä negatiivinen riippuvuus. Toisin sanoen, mitä "nopeampi" tie, sitä pienempi on eri nopeuksilla tapahtuva polttoaineenkulutus. Tämä on luonnollisesti seurausta siitä, että liikenteen nopeus ja polttoaineenkulutus (eri nopeustasoilla) kumpikin riippuvat geometria- ja päällystetekijöistä. Kun lisäksi tiedetään, että polttoaineenkulutus kasvaa nopeuden kasvaessa päädytään tuttuun paradoksiin: Tien parantaminen vähentää kulutusta (kaikilla nopeustasoilla), mutta se nostaa ajonopeuksia, mikä taas lisää polttoaineenkulutusta. Myöhemmin voidaan tämänkin projektin puitteissa saada tietoja tiettyjen parannustoimenpiteiden nettovaikutuksesta polttoaineenkulutukseen.

Polttoaineenkulutustmittauksia suoritettaessa havaittiin, että joustavalla ja ennakoivalla ajotavalla on varsin merkittävä

vaikutus kulutukseen. Korostuneesti tämä näkyy päällysteeltään ja geometrialtaan huonoilla teillä missä nopeuden pittäminen tasaisena on vaikeata. Tällaisilla kohteilla havaitaan usein sellainen nopeusarvo, jonka ylittäminen aiheuttaa jyrkkää polttoaineenkulutuksen kasvua.

Vertailtaessa keskenään geometrialtaan samaa luokkaa olevia päällystettyjä teitä ja sorateitä voidaan havaita päällystettyjen teiden keskimäärin suuremmat nopeudet. Myös saadut regressiomallit viittaavat siihen, että tien päällystämällä olisi nopeutta selvästi nostava vaikutus. Päällysteen huono kunto kuitenkin kumoaa tämän vaikutuksen. Tien pinnan kunnon käyttäminen muuttujana lisäsi mallien selittävyttä, joskin sopivan luokituksen puuttuessa tyydyttiin pelkkään hyvä-huono-arvioon.

Teiden mäkisyys- ja kaarteisuuslukujen vaikutus nopeuteen osoittautui aikaisempien tutkimusten valossa odotetun suuruiseksi. Näkemien prosenttiosuudet, jotka myös kuvaavat tien geometriaa, ovat selittäneet nopeutta ja polttoaineenkulutusta yleisesti vielä em. lukuja paremmin. Näkemätietoja ei kuitenkaan tutkituilta tieosuuksilta ole mitattu, ja niiden vaikutusten selvittäminen tullee kysymykseen vasta jatkotutkimusten yhteydessä.

Keskinopeudet jäivät kaikilla tutkimusteillä huomattavasti alle 80 km/h. Kun päätieverkolla on tiekohtaisen 80 km/h -rajoituksen alueella keskinopeus yleensä välittömästi rajoitusarvon alapuolella, voidaan em. perusteella todeta lähinnä tieolosuhteiden olevan perusnopeusteiden nopeuksia määräävä tekijä. Varsinkaan sorateilla ei 80 km/h -rajoituksella liene enää jatkuvaa vaikutusta nopeuden valintaan. Korkeampaan nopeuteen pyrkiminen lisää selvästi hetkellisiä nopeuden muutoksia ja suurentaa nopeusvaihtelua sekä saa aikaan polttoaineenkulutuksen jyrkän kasvun. Tässä yhteydessä ajotavan merkitystä on painotettava taloudelliseen ajosuoritukseen pyrittäessä.

Arvioitujen maksimi- ja miniminopeuspisteiden nopeushavaintojen keskimääräiseksi eroksi muodostui 4-9 km/h. Lukema tuskin antaa todellista kuvaa tutkimusosuuksien suurimmasta ja pie-

nimmästä nopeudesta, koska miniminopeuspisteen määrittäminen tuotti joillakin tieosuuksilla vaikeuksia ja tutkimittauksen suorittamisen asettamat vaatimukset rajoittivat pisteiden valintaa. Vain yhden tutkan ollessa käytössä mitattiin pisteiden nopeudet eri ajankohtana, jolloin myös pienet havaintomäärät ovat osaltaan vaikuttaneet tulosten luotettavuuteen.

Tutkimus on polttoaineenkulutuksen kannalta seurantapainotteinen. Jatkossa on hankittava tietoa nopeudenvaihteluista ja eriasteisen nopeusvaihtelun vaikutuksesta polttoaineenkulutukseen. Jatkotutkimuksissa tultaneen myös maksimi- ja minimipisteiden mittaamista kehittämään ja kokeilemaan analyysaattoriauton käyttöä tässä tarkoituksessa. Osoittautuihan analyysaattoriauton nopeuskäyttäytyminen olevan hyvin lähellä keskimääräistä henkilöautoa. Luonnollisesti on pyrittävä saamaan tuntuma myös mittaustulosten luotettavuudesta, toistettavuudesta ja mittaustarkkuudesta sekä aineiston yleistettävyydestä.